

1/9/1

007976893

WPI Acc No: 1989-242005/198934

XRAM Acc No: C89-107778

XRPX Acc No: N89-184429

Concasting of soft magnetic strip onto cooled roller - using  
carbon dioxide spray to increase packing density and reduce roughness

Patent Assignee: AKAD WISSENSCHAFTEN DDR (DEAK ); AUERHAMMER METALLWERK  
GMBH (AUER-N); IFW INST FESTKOERPER & WERKSTOFFFORSCHUNG (IFWF-N); METALS  
PHYSICS INST (INPH )

Inventor: BALAN V; ILLGEN L; JUHRISCH M; MASLOV V; NEMOSCHKAL W W; NOSENKO  
V; PADERNO D; STEPHANI G; BARTH M; FIEDLER H; JUNGnickel W;  
NEMOSCHKALENKO W W; SCHLOSSER G

Number of Countries: 001 Number of Patents: 002

Patent Family:

| Patent No | Kind | Date     | Applicat No | Kind | Date     | Week     |
|-----------|------|----------|-------------|------|----------|----------|
| DD 266046 | A    | 19890322 | DD 307207   | A    | 19870924 | 198934 B |
| DD 266046 | B5   | 19931209 | DD 307207   | A    | 19870924 | 199402   |

Priority Applications (No Type Date): DD 307207 A 19870924

Patent Details:

| Patent No | Kind | Lan | Pg | Main IPC | Filing Notes |
|-----------|------|-----|----|----------|--------------|
|-----------|------|-----|----|----------|--------------|

|           |   |  |   |  |  |
|-----------|---|--|---|--|--|
| DD 266046 | A |  | 4 |  |  |
|-----------|---|--|---|--|--|

|           |    |  |  |             |  |
|-----------|----|--|--|-------------|--|
| DD 266046 | B5 |  |  | B22D-011/00 |  |
|-----------|----|--|--|-------------|--|

Abstract (Basic): DD 266046 A

Metal strip is made by flowing melt from a nozzle onto a rotating  
cooling roller surface whereby the melt pool is sprayed with carbon  
dioxide.

USE/ADVANTAGE - Producing esp. soft magnetic strip with amorphous  
or metastable microcrystalline structure. Components such as ring band  
cores, transformers etc. can be produced. By spraying with carbon  
dioxide, the packing density is increased from 75 to 95% and the  
surface roughness is considerably reduced.

0/2

Title Terms: CONCAST; SOFT; MAGNETIC; STRIP; COOLING; ROLL; CARBON; DI;  
OXIDE; SPRAY; INCREASE; PACK; DENSITY; REDUCE; ROUGH

Derwent Class: M22; P53; V02

International Patent Class (Main): B22D-011/00

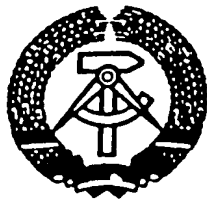
File Segment: CPI; EPI; EngPI

Manual Codes (CPI/A-N): M22-G03A

Manual Codes (EPI/S-X): V02-H03

Derwent Registry Numbers: 1066-U

Derwent WPI (Dialog® File 352): (c) 2002 Derwent Info Ltd. All rights reserved.



## AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

|      |   |      |          |      |          |
|------|---|------|----------|------|----------|
| (21) | WP B 22 D / 307 207 3   | (22) | 24.09.87 | (44) | 22.03.89 |
| (71) | Akademie der Wissenschaften der DDR, Otto-Nuschke-Straße 22–23, Berlin, 1080, DD; Akademie der Wissenschaften der UdSSR, 117901 Moskau, Leninprospekt 14, SU  |      |          |      |          |
| (72) | Nemoschkalenko, Wladimir W., Dr. sc. nat., SU; Maslov, Valerij, Dr. rer. nat., SU; Balan, Victor, Dipl.-Ing., SU; Nosenko, Victor, Dipl.-Ing., SU; Paderno, Dimitrij, Dipl.-Ing., SU; Juhirsch, Manfred, Dr.-Ing., DD; Stephani, Günter, Dr. rer. nat., DD; Illgen, Lothar, Dr.-Ing., DD; Fiedler, Hans, Dr. sc. techn., DD; Barth, Martin, Dipl.-Ing., DD; Schlosser, Gerd-Ullrich, Dr.-Ing., DD; Jungnickel, Werner, Dr.-Ing., DD |      |          |      |          |
| (54) | Verfahren zur Herstellung von Metallbändern durch Schnellerstarrung   |      |          |      |          |

(55) Metallbänder, Schnellerstarrung, weichmagnetischer Werkstoff, amorphes Gefüge, Oberflächenrauigkeit, Ringbandkerne, Transformatoren, Schmelzpfütze, Kohlendioxidgas, lift-off-Gebiete, Bandunterseite

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren, mit dem Metallbänder, vorzugsweise aus weichmagnetischen Werkstoffen, mit amorphem oder metastabil-mikro-kristallinem Gefüge herstellbar sind. Die Metallbänder weisen verringerte Oberflächenrauigkeiten auf und sind deshalb besonders zur Herstellung von Ringbandkernen, Transformatoren oder ähnlichen Bauteilen geeignet. Bei der Schnellerstarrung eines aus einer Düse auf eine rotierende Kühlwalze aufriffenden Metallstrahles wird die sich bildende Schmelzpfütze mit Kohlendioxidgas völlig bespült. Die Wirkung ist, daß „lift-off“-Gebiete auf der Bandunterseite auf < 5% eingeschränkt sind und die Oberflächenrauigkeit insgesamt den Mittenrauhwert  $R_a < 0,5 \mu\text{m}$  annimmt.

## Patentanspruch:

Verfahren zur Herstellung von Metallbändern durch Schnellerstarrung eines aus einer Düse austretenden flüssigen Metallstrahles auf einer rotierenden Kühlwalzenoberfläche, wobei die sich im Auftreffpunkt bildende Schmelzpfütze mit einem Inertgas bespült wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmelzpfütze völlig mit Kohlendioxidgas bespült wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

## Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Metallurgie und betrifft ein Verfahren, mit dem Metallbänder, vorzugsweise aus weichmagnetischen Werkstoffen, mit amorphem oder metastabil-mikrokristallinem Gefüge durch Schnellerstarrung eines flüssigen Metallstrahles auf einer rotierenden Kühlwalzenoberfläche herstellbar sind. Die Metallbänder weisen verringerte Oberflächenrauigkeiten auf, wodurch die Packungsdichte von etwa 75 auf etwa 95% gesteigert werden kann. Objekte, die unter Verwendung der erfindungsgemäß hergestellten Metallbänder hergestellt werden können, sind Ringbandkerne, Transformatoren oder ähnliche Bauteile.

## Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Die Herstellung von amorphen oder metastabil-mikrokristallinen Bändern durch Schnellerstarrung eines flüssigen Metallstrahles auf der Oberfläche eines rotierenden Kühlesubstrates ist u. a. durch die US-PS 4.124.571 als „melt-spinning“-Verfahren bekannt. Die Qualität der Bänder, d. h. ihre Geometrie Konstanz über Länge und Breite, ihre Oberflächenbeschaffenheit und ihre Homogenität in Bezug auf Struktur und Gefüge, bestimmt die Eigenschaften dieser Bänder und damit ihre Anwendungsmöglichkeit.

Es sind insbesondere zwei Faktoren, die von Einfluß auf die Qualität der Bänder sind:

1. Schwingungen und Turbulenz in der Schmelzpfütze, die sich im Auftreffpunkt des flüssigen Metallstrahles auf der Kühlwalzenoberfläche bildet, bewirken Unregelmäßigkeiten in der Bandkantenbildung und der Oberflächenentopografie.
2. Die Entstehung von „lift-off“-Gebieten, d. h. von Gebieten fehlenden Kontaktes des entstehenden Bandes mit der Kühlwalzenoberfläche, führt zu Inhomogenitäten in Bezug auf Gefüge und Struktur, die sich nachteilig auf alle Bändereigenschaften auswirken, insbesondere auf die magnetischen Eigenschaften bei Bändern aus weichmagnetischen Werkstoffen. Die „lift-off“-Gebiete entstehen dadurch, daß die bei schnellaufenden Körpern stets mitgerissene Luftschicht vor der Schmelzpfütze einen Staudruck erzeugt, der so groß ist, daß Luft unter die Schmelzpfütze gedrückt wird und dadurch der Kontakt des entstehenden Bandes mit der Kühleoberfläche verschlechtert wird.

Es ist durch Pavuna (Journal of Non-Crystallin Solids, 37 [1980]) und durch die US-PS 4.262.734 bekannt, daß Schwingungen und Turbulenz in der Schmelzpfütze durch Begasung mit einem Inertgas besonders wirksam ist, wenn die Gasströmung eine kritisch niedrige Reynoldszahl nicht überschreitet. Die niedrigsten Reynoldszahlen wurden für Helium, Neon und Wasserstoff ermittelt. Wasserstoff wird aus Sicherheitsgründen nicht verwendet, Helium und Neon dürften infolge des hohen Preises nur für Sonderanwendungen bzw. im Labormaßstab eingesetzt werden. In der Regel werden deshalb Argon bzw. Helium/Argon-Gemische als Inertgase eingesetzt. Es entsteht ein Band mit verbesserter Geometrie, auf die Bildung von „lift-off“-Gebieten bleibt die Begasung allerdings ohne Einfluß.

In der US-PS 4.171.858 ist angegeben, daß die Begasung mit einem Inertgas besonders wirksam ist, wenn die Gasströmung eine kritisch niedrige Reynoldszahl nicht überschreitet. Die niedrigsten Reynoldszahlen wurden für Helium, Neon und Wasserstoff ermittelt. Wasserstoff wird aus Sicherheitsgründen nicht verwendet, Helium und Neon dürften infolge des hohen Preises nur für Sonderanwendungen bzw. im Labormaßstab eingesetzt werden. In der Regel werden deshalb Argon bzw. Helium/Argon-Gemische als Inertgase eingesetzt. Es entsteht ein Band mit verbesserter Geometrie, auf die Bildung von „lift-off“-Gebieten bleibt die Begasung allerdings ohne Einfluß.

In der US-PS 4.588.015 ist ein Verfahren zur Herstellung schnellerstarrter Bänder beschrieben, bei dem neben einer verbesserten Geometrie eine deutliche Verringerung der „lift-off“-Gebiete erreicht wird.

In die Nähe der Schmelzpfütze wird ein Gasgemisch von Kohlenmonoxid und Sauerstoff gebracht und gezündet. Durch die bei der exothermen Reaktion entstehende hohe Temperatur wird ein Gas extrem niedriger Dichte erzeugt. Dieses verringert den Staudruck vor der Schmelzpfütze, und es wird weniger Luft bzw. weniger Gas unter die Schmelzpfütze gedrückt. Der Nachteil dieses Verfahrens besteht in dem hohen apparativen Aufwand, der speziell zum Einstellen eines genauen Mengenverhältnisses von Kohlenmonoxid zu Sauerstoff erforderlich ist, da eine rapide Verschlechterung der Bandqualität bei Überschuß von Sauerstoff eintritt. Kohlenmonoxid besitzt außerdem eine hohe Giftigkeit, deshalb sind aufwendige Sicherheitsmaßnahmen erforderlich. Weiterhin beeinträchtigt die hohe Temperatur die gesamte Anlage, insbesondere die Walze, die Düse und die Boden Bodenbaugruppen.

## Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht in der Schaffung von Voraussetzungen zur ökonomischen Herstellung von amorphen oder metastabil-mikrokristallinen Bändern mit verbesserter Geometrie und verringerter Oberflächenrauigkeit durch Schnellerstarrung.

## Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, bei dem auf einfache Weise ohne hohen apparativen Aufwand und ohne Anwendung hoher Gastemperaturen Schwingungen und Turbulenz in der Schmelzpfütze gedämpft werden und die Bildung von „lift-off“-Gebieten eingeschränkt wird. Erfindungsgemäß ist die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Schmelzpfütze völlig mit Kohlendioxidgas bespült wird. Durch die einfache technische Maßnahme, der Begasung der Schmelzpfütze mit Kohlendioxidgas, die bei Raumtemperatur durchgeführt werden kann, entsteht ein Band, das in seiner Qualität mindestens ebenso gut ist wie ein Band, das unter hohem apparativem Aufwand und schwierigen technologischen Bedingungen nach der US-PS 4.588.015 hergestellt wurde. Die positive Wirkung des Kohlendioxidgases ist überraschend, insbesondere auch daraufhin, weil Kohlendioxid eine Reynoldszahl aufweist, die um ein mehrfaches höher ist als die kritische Reynoldszahl des bisher als wirksamstes Gas unter Raumtemperatur bekannte Helium, so daß von der Fachwelt bisher eine positive Wirkung für  $\text{CO}_2$  ausgeschlossen wurde. Durch die Begasung mit Kohlendioxid, das im Gegensatz zu anderen Inertgasen eine wesentlich höhere Dichte aufweist, wird zunächst die Luft aus dem Bereich der Schmelzpfütze verdrängt. Der Staudruck des Gases vor der Schmelze wird nicht verringert, aber das unter die Schmelzpfütze gedrückte Kohlendioxidgas löst sich sofort in der Schmelze auf, überraschend auch bei den extrem geringen Erstarrungszeiten der Schmelze von  $2,5 \cdot 10^{-4}$  s. Dadurch ist die Schmelze nahezu völlig in Kontakt mit der Kühlwalzenoberfläche, und die „lift-off“-Gebiete liegen unter 5%. Die Begasung mit Kohlendioxid wirkt aber nicht nur positiv auf die Ausbildung einer glatten Unterseite des Bandes, es tritt auch eine deutliche Verringerung der Rauigkeit der Bandoberseite auf. Infolge der größeren Verringerung des Sauerstoff-Partialdruckes durch Kohlendioxid wird die Bildung von Oxiden des FeO-Typs nahezu völlig unterbunden, und es bildet sich auf der Oberfläche der Schmelze eine stabile Oxidhaut aus Komplexen von  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$  und  $\text{B}_2\text{O}_3$ . Diese stabile Oxidhaut hoher Viskosität bewirkt eine Glättung der Schmelzpfütze, sie reißt auch bei geringen Schwingungen nicht auf, wodurch diese Schwingungen ihren negativen Einfluß auf die Oberflächenqualität des Bandes verlieren. Bei der Begasung mit einem anderen Inertgas wird der Sauerstoff-Partialdruck nur soweit herabgesetzt, daß die Oxidbildung vom FeO-Typ nur geringfügig eingeschränkt wird. Die so gebildete Oxidhaut ist wesentlich stabiler und reißt schon bei geringsten Schwingungen auf. Die Mittenrauigkeit  $R_a$  eines erfindungsgemäß hergestellten Bandes beträgt  $< 0,5 \mu\text{m}$ . Nachstehend soll die Erfindung durch ein Ausführungsbeispiel näher erläutert werden.

## Ausführungsbeispiel

Die Bilder 1 und 2 zeigen Aufnahmen von Bandunterseiten in einer Vergrößerung 100:1. Die Aufnahme 1 wurde von einem Band aufgenommen, das nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wurde. Dazu wurde eine weichmagnetische Legierung der Zusammensetzung  $\text{Fe}_{70}\text{B}_{10}\text{Si}_{20}$  auf einer Walze aus einer CuNiSi-Legierung schnell abgekühlt. Die sich im Auftreffpunkt des flüssigen Metallstrahles auf der Kühlwalzenoberfläche bildende Schmelzpfütze wurde vor und hinter der Austrittsdüse des flüssigen Metallstrahles mit Kohlendioxidgas bespült. Das Gas trat aus zwei Flachdüsen aus, deren Schlitzlänge der Bandbreite von 20 mm entsprach, die Schlitzbreite betrug 0,8 mm. Der Abstand der vor der Austrittsdüse des flüssigen Metallstrahles angeordneten Flachdüse betrug zur vorderen Lippe der Austrittsdüse 2 mm, der Abstand der hinter der Austrittsdüse des flüssigen Metallstrahles angeordneten Flachdüse betrug zur hinteren Lippe der Austrittsdüse 4 mm. Die Distanz der Flachdüsen zur Walzenoberfläche wurde auf 1,0 mm und der Auftreffwinkel des Gases zur Walzenoberfläche auf  $15^\circ$  eingestellt. Der Druck am Ausgang der Flachdüsen betrug 18 kPa, die Begasung wurde bei Raumtemperatur durchgeführt. Wie am Bild 1 zu sehen ist, zeigt die Bandunterseite quasi als Abdruck die Unregelmäßigkeiten der Walzenoberfläche. Die Gesamtfläche der „lift-off“-Gebiete, die extrem fein und homogen verteilt sind, liegt  $< 5\%$ . Der Mittenrauhwert  $R_a$  des Bandes beträgt  $0,35 \mu\text{m}$ . Der Packungsfaktor des erfindungsgemäß hergestellten Bandes liegt bei 95%, die Bandkantenabstufung ist ausgezeichnet. Im Gegensatz zu Bild 1 zeigt das Bild 2 die deutliche Ausbildung von „lift-off“-Gebieten. Die Aufnahme 2 wurde von einem Band aufgenommen, das wie bereits beschrieben hergestellt wurde, jedoch wurde zur Begasung Helium verwendet. Die „lift-off“-Fläche des Bandes beträgt insgesamt 32%, der Mittenrauhwert  $1,5 \mu\text{m}$  und der Packungsfaktor 77%.

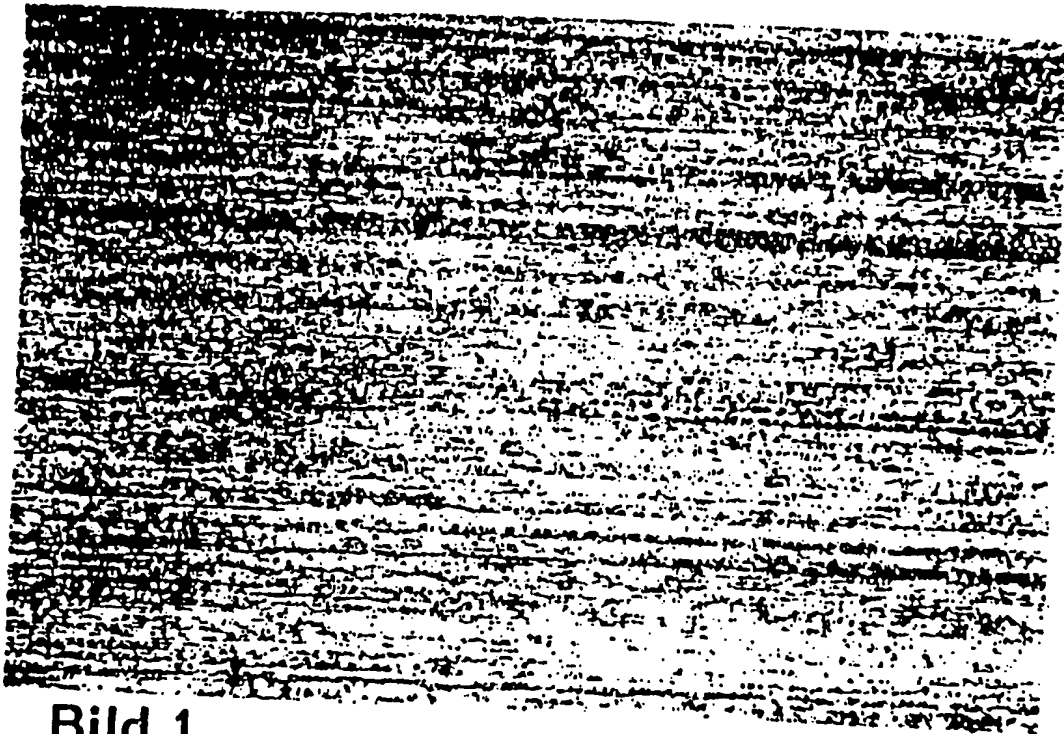


Bild 1

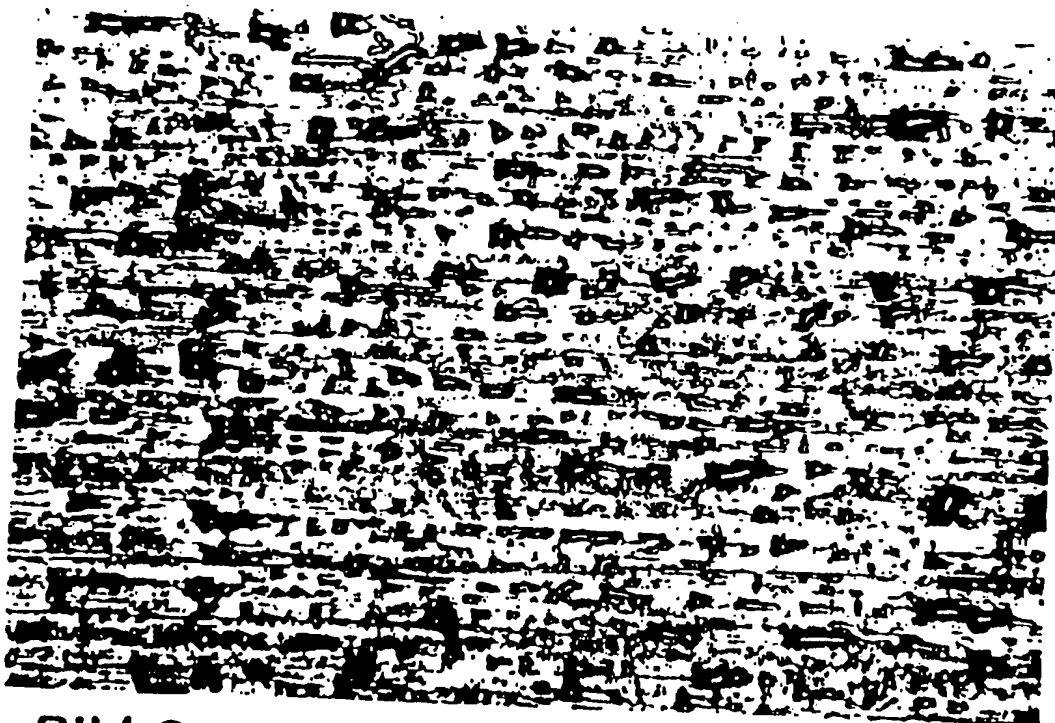


Bild 2